

蚤类感觉板的细微结构

王善青 肖葛祥

(山西医学院)

摘要 本文利用扫描电镜观察了4科18属26种蚤的感觉板。通过对其内、外表面及横断面细微结构的详细观察,发现前人称之为杯陷的结构,实为一中空圆丘,分内、外两层,各具若干小室,作者称其为感觉室。该室在感觉板上具有一定的分布型。感觉毛着生于内室底部,通过中央孔及外室顶孔向外伸出。蚤类成虫具有坚韧的外骨骼,因此,在制备扫描电镜标本时可不经特殊处理直接进行观察。此外,对感觉室的功能及在分类上的意义进行了讨论。

关键词 蚤感觉板 感觉室 感觉毛

感觉板(臀板)是蚤类特有的一种复合感觉器官,常作为分类依据之一。有关感觉板细微结构的研究,国内迄今尚未开展。国外仅见 Greenwood 等(1979)报道对角叶蚤属的2种鸟蚤的观察。本文对4科18属26种蚤感觉板借扫描电镜进行了观察,旨在通过对其结构的特点,为了解恒温动物体外寄生蚤的形态与功能的关系提供理论基础。

材料和方法

一、材料来源 1983年5—9月,先后在山西临汾、雁北两地区和青海互助县,用鼠笼、板夹和弓形夹捕捉野鼠和家鼠,并借助枪支猎获野生啮齿动物,从体表采集毛蚤,结合挖掘鼠窝检获巢蚤。蚤均保存于70%酒精中。

二、制备方法 先后使用了三种不同的方法:(1)标本从酒精中取出,退回蒸馏水中冲洗,再放入2.5%戊二醛固定12—24小时,经缓冲液清洗后,转入1%锇酸再固定6—12小时。脱水后将感觉板剥离,经CO₂临界点干燥和喷金,在JSM-35C扫描电镜下15kV进行观察;(2)标本只进行双固定和脱水,不经临界点干燥,剥离后,经空气干燥、喷金、观察;(3)标本不经任何处理,直接从保存液中取出,剥离后空气干燥、喷金、观察。

观察感觉板内表面时,标本经10%NaOH略加腐蚀。感觉板的横切面系采用石蜡切片及徒手切片。石蜡切片的厚度为10—30μm。

现将本文所观察的4科18属26种蚤列下:

1. 致痒蚤 *Pulex irritans* Linnaeus, 1758 ♀、♂
2. 印鼠客蚤 *Xenopsylla cheopis* (Rothschild, 1903) ♀、♂
3. 多刺狄蚤 *Stenoponia polyspina* Li & Wang, 1964 ♀
4. 二齿新蚤 *Neopsylla bidentatiformis* (Wagner, 1893) ♀、♂
5. 阿巴盖新蚤 *Neopsylla abagitui* Ioff, 1946 ♀、♂
6. 类新蚤 *Neopsylla compar* Jordan & Rothschild, 1911 ♂

本文于1984年12月收到。

本文承贵阳医学院李贵真、金大雄教授及本院张之忠教授评阅并提出宝贵意见,军事医学科学院柳支英教授借阅部分文献,在此一并致谢。

7. 副规新蚤 *Neopsylla Paranoma* Li, Wang & Wang, 1966 ♀、♂
8. 短指新北蚤 *Nearctopsylla brevidigita* Wu, Wang & Liu, 1965 ♀
9. 五肋纤蚤天山亚种 *Rhadinopsylla dahurica tianschan* Ioff & Tiflov, 1946 ♀、♂
10. 纯栉眼蚤指名亚种 *Ctenophthalmus pisticus pisticus* Jordan & Rothschild, 1921 ♀
11. 具钩靴片蚤 *Calceopsylla aduncata* Liu, Wu & Wang, 1965 ♀
12. 巨凹额蚤 *Frontopsylla megasinus* Li & Chen, 1974 ♀、♂
13. 光亮额蚤 *Frontopsylla luculenta* Jordan & Rothschild, 1923 ♀、♂
14. 角尖眼蚤指名亚种 *Ophthalmopsylla praefecta praefecta* (Jordan & Rothschild, 1915) ♀
15. 角尖眼蚤深窝亚种 *Ophthalmopsylla praefecta pernix* Jordan, 1929 ♀
16. 直缘双蚤指名亚种 *Amphipsylla tuta tuta* Wagner, 1929 ♀、♂
17. 卷带倍蚤指名亚种 *Amphalius spirataenius. spirataenius* Liu, Wu & Wu, 1966 ♀、♂
18. 獾副角蚤扇形亚种 *Paraceras melis flabellum* Wagner, 1916 ♀
19. 方形黄鼠蚤蒙古亚种 *Citellophilus tesquorum mongolicus* (Jordan & Rothschild, 1911) ♀、♂
20. 斧形盖蚤 *Callopsylla dolabris* (Jordan & Rothschild, 1911) ♀、♂
21. 鼯鼠盖蚤 *Callopsylla petaurista* Tsai, Wu & Liu, 1974 ♀
22. 禽角叶蚤欧亚亚种 *Ceratophyllus gallinae tribulis* Jordan, 1926 ♀、♂
23. 曲扎角叶蚤 *Ceratophyllus chutsaensis* Liu & Wu, 1962 ♀、♂
24. 裂病蚤 *Nosopsyllus fidus* (Jordan & Rothschild, 1915) ♀
25. 花鼠单蚤 *Monopsyllus indages* (Rothschild, 1908) ♀、♂
26. 冯氏单蚤 *Monopsyllus fengi* Liu, 1981 ♀

限于手中材料,雌雄均观察的有 15 种,仅观察雌性的有 10 种,雄性的 1 种。

结 果

一、感觉板外表面

感觉板外表面上可见三种结构:感觉毛、感觉室(杯陷)和微毛(图版 I:1)。

感觉毛细长,直径为 $1.12 \pm 0.11 \mu\text{m}$,长短不一,短的约 $30 \mu\text{m}$,长的可达 $80 \mu\text{m}$ 。感觉毛从感觉室内游离地伸出,呈直立状,表面光滑无纹饰。

感觉室散布在感觉板上,圆丘状,高出板面约 $3 \mu\text{m}$,直径 $10 \mu\text{m}$ 左右,前人称之为杯陷。在扫描电镜下此结构是凸出于感觉板上的中空圆丘,作者称其为感觉室。其顶部有一圆孔,直径 $4-6 \mu\text{m}$,圆孔边缘有衍生的小微毛。感觉室内部亦有一圆孔,与感觉板内侧相通,孔径约 $3 \mu\text{m}$,称其为中央孔,感觉毛从此孔内伸出(图版 I:2)。

微毛除感觉室外,覆盖整个感觉板的表面,是直接由感觉板衍生的,基部无毛窝。微毛的形状有单一、分叉或树状分枝(图版 I:3)。观察所见,一般雄性分枝较雌性为多,边缘分枝较中间为多。微毛的长度一般是感觉室凸出部分高度的 2—3 倍。

在细蚤科和角叶蚤科雄性感觉板后缘中部发现有 2 根特殊的感觉毛,它们非自感觉室内伸出,而是着生于圆筒形毛基上,长约 $35 \mu\text{m}$,基部较粗,直径约 $2 \mu\text{m}$,毛基略高于感觉室凸出部分,直径约 $4 \mu\text{m}$,其功能尚不明了。

二、感觉板内表面

感觉板内表面结构简单,除与外表面相似的感觉室外,板上光滑无微毛(图版 I:4)。感觉室亦为圆丘状,凸出于感觉板上,直径约 $10 \mu\text{m}$,高约 $6 \mu\text{m}$ 。中间为圆形浅凹,直径约 $5 \mu\text{m}$,浅凹中央有一中空的小梗(图版 I:5),为感觉毛的基部。感觉室的外表有些种类比较圆滑,而多数具有纵向的凹陷,将感觉室分隔成若干小瓣,形似含苞待放的花蕾,小瓣的

数目一般 6—8 个(图版 I:5)。

从内表面可清楚地看到感觉板的形状, 26 种蚤的感觉板有树冠形、勺形、铲形、翼形和扁圆形(图 1), 其中以树冠形居多。感觉板是由两块骨片融合组成, 每侧具有一定数目

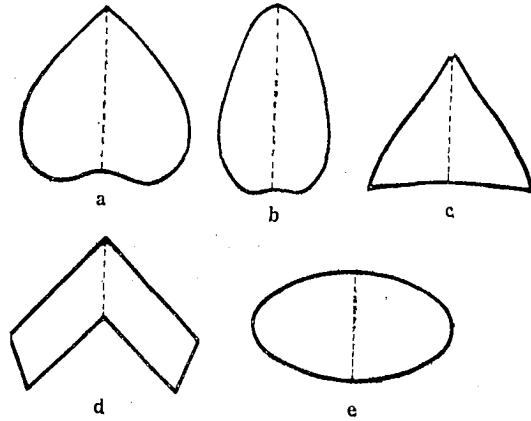


图 1 感觉板的形状
a. 树冠形 b. 勺形 c. 铲形
d. 翼形 e. 扁圆形

的感觉室。两侧感觉室的数目应是相同的, 但有时出现不同。现只选右侧进行统计计数, 其结果连同内表面的其它形态一并列入表 1。此外, 发现感觉室在感觉板上具有一定的分布型, 仍以右侧为基准, 将感觉室划分为两部分: 外周感觉室和中央感觉室(图 2)。因变化常发生于中央感觉室, 故只分析中央感觉室, 因多刺狭蚤极为特殊不计入内, 其余可分为六类: ①中央感觉室为 4 个, 菱形排列, 蚤科两种及五侧纤蚤天山亚种; ②中央感觉室为 5 个, 以 2、3 方式从左上到右下斜行排列, 类新蚤; ③中央感觉室为 6 个, 排列情况有二种, 一是纯栉眼蚤, 排成上下二个向右倒的小三角, 二是二齿新蚤及阿巴盖新蚤, 以 3、3 方式斜行排列; ④中央感觉室为 8 个, 排列方式如图 3:a, 其中 2 号位常有变化, 位置下移, 几与 3 号位平行(图 3:b), 这一类包括细蚤科 6 种和角叶蚤科 9 种; ⑤中央感觉室 9 个, 以 3、3、3 方式斜行排列, 副规新蚤; ⑥中央感觉室 10 个, 以 2、2、3、3 方式排成斜行四列, 短指新北蚤。以上六类仅根据本文所观察的 26 种蚤区分的, 旨在寻找其规律, 为分类学提供基础。

从感觉板内侧, 亦见到在外表面发现的二根特殊感觉毛的着生位置(图版 I:4)毛基直接与内侧相通, 无感觉室, 周围略有隆起, 毛孔直径约 $3\mu\text{m}$ 。

三、感觉板横断面

从感觉板横断面(图版 I:6)明显看出, 感觉室实为一个整体, 分内外二层。现将感觉板外表面的一层称为感觉外室, 内表面的一层称为感觉内室。外室扁宽, 室壁厚约 $0.6\mu\text{m}$, 内有室间隔将其分为若干向中开口的小室, 室间隔厚度约 $0.35\mu\text{m}$, 小室宽度平均为 $1.78\mu\text{m}$, 高约 $1.85\mu\text{m}$ (图版 I:7)。内室上窄下宽, 成为桃形, 壁厚约 $0.8\mu\text{m}$, 内室亦由室间隔形成若干感觉小室。隔厚平均为 $0.48\mu\text{m}$, 小室中间宽度为 $1.50\mu\text{m}$ 左右, 高约 $4\mu\text{m}$ 。内外两室之间有横隔, 中央具孔, 即中央孔。感觉毛着生于内室底部, 通过中央孔和外室

表 1 感觉板内侧面形态比较

蚤 种	感觉板形状		感觉盖直径 (μm)		感觉室中央 凹直径 (μm)		感觉室表面		感觉室数目 (个)(右侧)
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	
致痒蚤 <i>P. irritans</i>	树冠形	囊形	10.0	10.0	4.0	4.0	无凹	无凹	14
印圆蚤 <i>X. cheopis</i>	树冠形	树冠形	10.0	10.0	3.3	4.2	浅凹	浅凹	14
多刺狭蚤 <i>S. polypina</i>	树冠形		12.9		3.6		深凹		>50
二齿新蚤 <i>N. bidentatiformis</i>	勺形	勺形	10.0	10.0	3.8	2.8	无凹	无凹	17
阿巴盖新蚤 <i>N. abogaitui</i>	勺形	勺形	11.4	10.0	4.3	3.0	无凹	无凹	17
类新蚤 <i>N. compar</i>	勺形	勺形		10.0		2.9	无凹		17
副烟新蚤 <i>N. paranoma</i>	勺形	勺形	10.0	8.5	3.5	3.1	浅凹	浅凹	20—21
短指新北蚤 <i>N. brevidigita</i>	勺形	勺形	10.0		3.3		无凹		22
五侧纤蚤天山亚种 <i>R. dahurica tianschan</i>	勺形	勺形	10.0	8.3	3.1	2.9	无凹	无凹	14
纯棉眼蚤指名亚种 <i>C. p. pisticus</i>	勺形	勺形	11.7		3.3		浅凹		17
具钩靴片蚤 <i>C. aduncata</i>	树冠形		10.0		3.8		深凹		20
巨凹额蚤 <i>F. megaspinus</i>	树冠形	树冠形	9.3	8.9	4.3	4.0	深凹	深凹	20
光亮额蚤 <i>F. luculenta</i>	树冠形	树冠形	10.0	10.0	4.0	3.8	深凹	深凹	20
角尖眼蚤指名亚种 <i>O. p. praefecta</i>	树冠形	树冠形	8.8		3.3		浅凹		21—22
角尖眼蚤深窝亚种 <i>O. praefecta pernix</i>	树冠形	树冠形	8.8		4.0		浅凹		20—21
直缘双蚤指名亚种 <i>A. t. tuta</i>	树冠形	树冠形	9.8	9.4	4.1	4.1	浅凹	浅凹	20
卷带倍蚤指名亚种 <i>A. s. spirataenius</i>	树冠形	树冠形	10.0	9.2	4.2	4.6	深凹	深凹	20
獾副角蚤树形亚种 <i>P. melis flabellum</i>	树冠形	树冠形	11.1		4.4		浅凹		20
方形黄眼蚤内蒙亚种 <i>C. tesquorum mongolicus</i>	树冠形	树冠形	10.0	10.0	4.3	3.9	深凹	深凹	20
斧形盖蚤 <i>C. dolabris</i>	树冠形	树冠形	10.0	11.1	3.6	5.0	深凹	深凹	20
额凹盖蚤 <i>C. petaurista</i>	树冠形	树冠形	8.8		3.8		深凹		20
禽角叶蚤欧亚亚种 <i>C. gallinae tribulis</i>	树冠形	树冠形	9.8	9.5	3.8	3.7	深凹	深凹	21
曲扎角叶蚤 <i>C. chutsaensis</i>	树冠形	树冠形	9.3	8.3	3.9	4.2	深凹	深凹	20—21
裂病蚤 <i>N. fidus</i>	树冠形	树冠形	8.6		4.0		深凹		20
花鼠单蚤 <i>M. indages</i>	树冠形	树冠形	10.0	9.2	4.3	4.6	深凹	深凹	20
冯氏单蚤 <i>M. fengi</i>	树冠形	树冠形	8.5		4.3		深凹		20

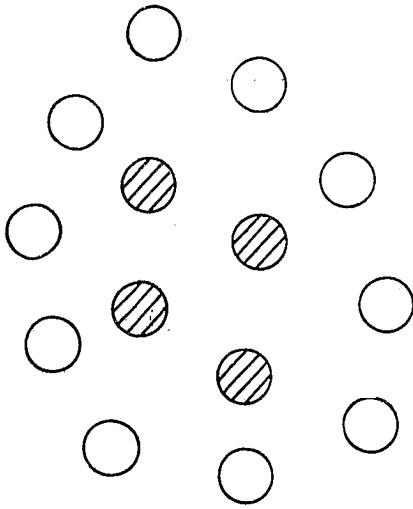


图2 感觉板右侧感觉室分布型(致痒蚤)
●中央感觉室 ○外周感觉室

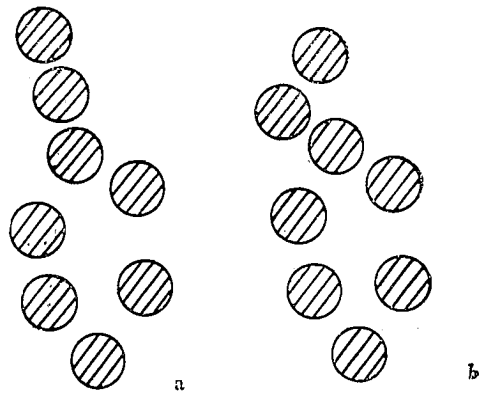


图3 中央感觉室分布类型
a、b 分布类型

顶孔,向外伸出(图版 1:8)。

讨 论

1. 感觉板外表面具有密集的微毛,有些末端具有分叉或树状分枝。Greenwood 等(1979)认为微毛的存在可防止缓慢气流对感觉毛的干扰和交配时雌雄接触防止感觉毛基和感觉室顶部受损。作者认为,微毛的存在对感觉室还是一种防止尘埃落入的保护屏障。如果感觉毛和感觉室相互作用才能对振动频率有较好的接收能力,若一旦有大量尘土、杂物和碎屑落入感觉室内或堵塞中央孔及外室顶孔,势必会影响其感觉功能的正常发挥,正是由于微毛的存在,防止了这种情况的出现。

2. 对感觉板内表面的观察,一般对标本要进行短时间的腐蚀,因为蚤类用酒精保存后,体内的肌肉和脂肪组织变硬,解剖后,感觉板内表面上常附有这些变硬的组织不利观察。但一经腐蚀,这种组织被蚀掉,则看不出感觉板与内部的联系。

Greenwood 等(1979)通过透射电镜对与感觉室有关的细胞结构进行了研究,发现每个感觉室下面有4种细胞:膜原细胞、毛原细胞、神经鞘和感觉细胞,并由此推测感觉室(杯陷)是一种机械感受器,其作用主要有二:一是通过对振动频率的感应,测知宿主的来临;二是在交配过程中使雌雄更加协调。Greenwood 等建议使用“毛点”(trichobothria)这一名词来代替“杯陷”。作者认为,感觉室并非简单的表皮室,从其复杂的内部结构来看,其本身就是感觉器官的一部分,并推测对感觉毛的触动有感应,对振动频率的接收和放大有作用,故此,作者认为称此结构为感觉室更为合适。

3. 从感觉室横断面看到感觉室是由内外两室组成,并具有环行排列的小室结构。从生物学观点讲,把感觉室一部放入内侧,既可节省生物材料,又能减少其体积和重量,这对体外寄生昆虫是很有意义的。从物理学观点讲,感觉室类似一个“共鸣器”,推测它能接受

某一范围的振动频率,产生共振,而将振动频率放大,通过感觉毛向内传导。感觉内室的存在,作者认为是一种二级共振和二级放大装置,使振动频率进一步增强,提高感觉的灵敏度。作者对外室顶孔和中央孔的直径做过计算,发现 26 种蚤虽然大小不一,但顶孔直径与中央孔直径保持着一定的比例关系,前者约是后者的二倍。正因为这种比例关系,方使振动得以引聚,使能量不分散并有效传入内室。

4. 感觉板上感觉室(杯陷)的多寡,常用于科以上分类。本文观察的 4 科 18 属 26 种分别隶属于蚤总科和角叶蚤总科,其中细蚤科的 4 属 6 种均属于双蚤亚科,它们和角叶蚤科感觉室的数目比较一致,每侧 20—22 个,多毛蚤科变化较大,每侧感觉室的数目少则 11—14 个,多则达 50 个以上。新蚤属中共观察了 4 种,其中副规新蚤每侧 19—21 个,其它三种每侧都是 17 个。可见同一属中数目亦有不同。作者认为,随着对感觉板的深入研究,找出感觉室的数目和分布的规律,结合其它特征,感觉板有可能成为科以下分类鉴别特征。

参 考 文 献

Greenwood, M. T. & Holdich, D. M. 1979 A structural study of the sensillum of two species of bird flea *Ceratophyllus*. *J. Zoology* 187(1):21—38.

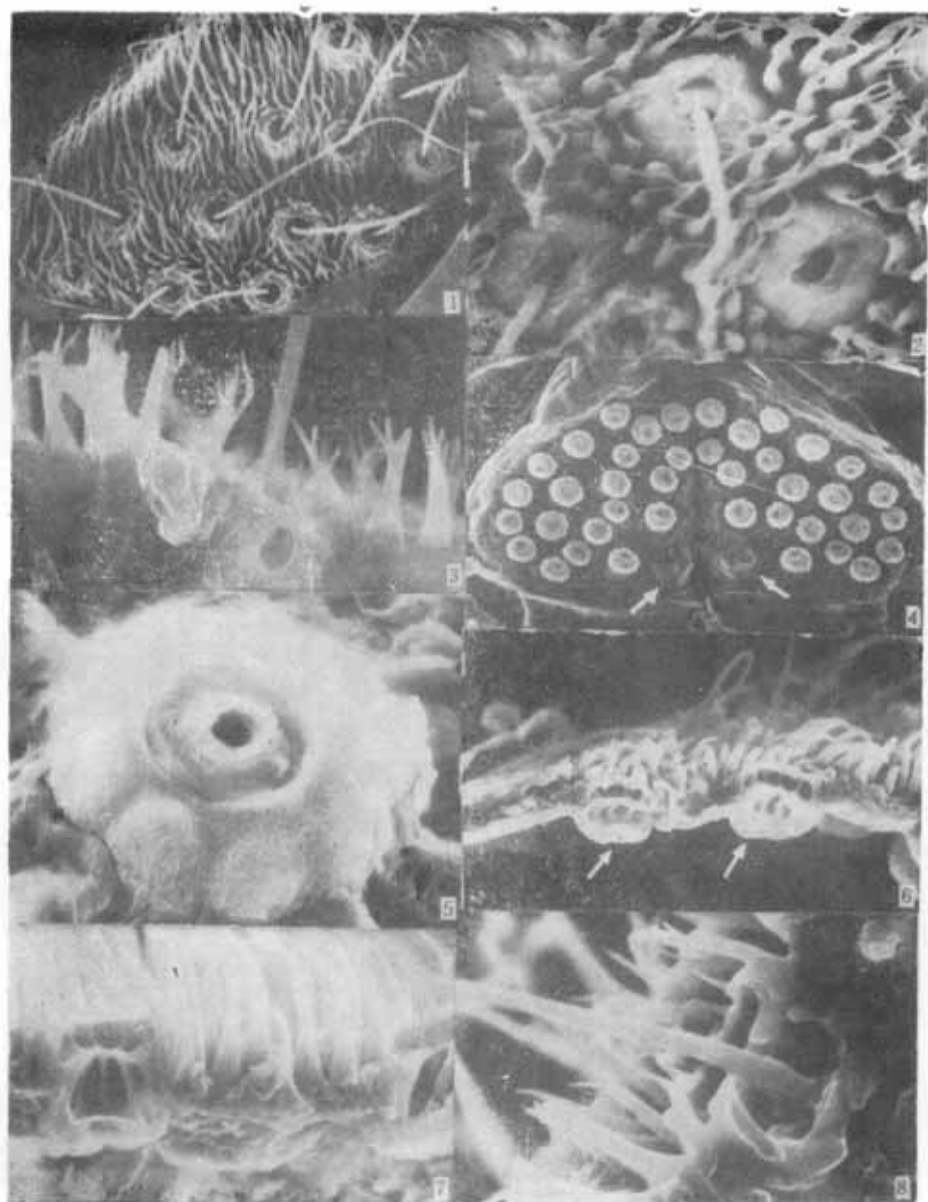
THE SCANNING ELECTRON MICROSCOPY OF FLEA SENSORY PLATES

WANG SHAN-QING XIAO AI-XIANG

(Shanxi Medical College)

The sensory plates (pygidia) of 26 flea species belonging to four families and eighteen genera were examined with a scanning electron microscope (SEM). The cup-like depressions or "sinuses" were seen not to be pits, but hollow to contain projections. These structures are suggested to function as "resonant cavities" for receiving vibrations and thus can be appropriately named "sense chambers". The vertical cross section of the chamber appears somewhat to resemble the figure "8", each separated into two parts by a middle hole, and it is better to name them the "outer sense chamber" and the "inner sense chamber" respectively. Each of these chambers consists of 6 to 8 small compartments. Sense hairs arising from the base of the inner chamber stretch up through the middle hole and pass out from the top hole of the outer chamber. These sense hairs are not equal in length. The technique for preparation of the specimens for SEM examination and the functional and taxonomical characteristics of the sense chambers are discussed.

Key words flea——Sensory plate——sense chamber——sensory hair



1. 感觉板外表面一侧(印鼠客蚤, ♀)×1,000
2. 感觉毛和感觉室(曲扎角叶蚤, ♂)×2,600
3. 微毛的形状(斧形盖蚤, ♀)×4,000
4. 感觉板内表面, 箭头所示为两根特殊感觉毛基(花鼠单蚤, ♂)×780
5. 内表面感觉室形态(斧形盖蚤, ♂)×7,200
6. 感觉板横断面, 箭头所示为两个感觉室(二齿新蚤, ♀)×2,000
7. 感觉室内部结构(光亮额蚤, ♀)×3,000
8. 示感觉毛的着生位置(阿巴盖新蚤, ♂), ×4,000